

Встановлено, що комбінований спосіб попереднього охолодження плодів відрізнявся високою константою швидкості зниження інтенсивності дихання та тепловиділення і низькими втратами маси. Їх кількісні значення варіювало в межах від 0,005 % до 0,014 % залежно від виду плодів. Отримані результати дають змогу рекомендувати даний спосіб попереднього охолодження плодів для використання у виробничих умовах

Ключові слова: попереднє охолодження, антиоксиданти, гідроохолодження, інтенсивність дихання, тепловиділення плодів, втрати маси

Установлено, что комбинированный способ предварительного охлаждения плодов отличался высокой константой скорости снижения интенсивности дыхания и тепловыделения и низкими потерями массы. Их количественное значение варьировало в пределах от 0,005 % до 0,014 % в зависимости от вида плодов. Полученные результаты позволяют рекомендовать данный способ предварительного охлаждения плодов для использования в производственных условиях

Ключевые слова: предварительное охлаждение, антиоксиданты, гидроохлаждение, интенсивность дыхания, тепловыделение плодов, потери массы

УДК 664.8.03:634.1.076

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.76235

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДІВ

М. Є. Сердюк

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент*

E-mail: igorserduk@mail.ru

Д. С. Степаненко

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра «Екологія та зоологія»

Мелітопольський державний педагогічний
університет ім. Богдана Хмельницького

вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Україна, 72313

E-mail: asija-2008@mail.ru

С. С. Байбєрова

Кандидат сільськогосподарських наук, асистент*

Н. А. Гапріндашвілі

Кандидат сільськогосподарських наук, доцент*

А. С. Кулік

Кандидат технічних наук, старший викладач*

E-mail: alina_potapenko@ukr.net

*Кафедра технології переробки і

зберігання продукції сільського господарства

Таврійський державний агротехнологічний університет
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72312

1. Вступ

Зерняткові та кісточкові плоди вважаються незамінною та найважливішою складовою частиною якісного, раціонального харчування людини [1]. Вони містять багато корисних речовин, які володіють дієтними та лікувальними властивостями. Основними серед них є вітаміни, фенольні сполуки, цукри, органічні кислоти, мікроелементи, ферменти та інші біологічно активні речовини [2].

Сьогодні в Україні проблема налагодження раціонального харчування та забезпечення населення плодами протягом цілого року полягає не у відсутності сировини, а у недосконалих технологіях її зберігання. Максимального збереження харчової, біологічної цінності, якості та безпечності плодової сировини в сучасних виробничих умовах можливо досягти тільки при використанні штучного холоду. І першим етапом використання штучного холоду в технологіях зберігання плодів є попереднє охолодження.

Попереднє охолодження є технологічним процесом швидкого зниження температури від початкової до температури подальшого зберігання плодів. Ефективність попереднього охолодження пов'язана з його

вагомим позитивним впливом на фактори збереженості плодової сировини. Чим швидше буде знижена температура плодів після збору, тим тривалішим буде період зберігання і вище їх якість [3, 4].

Актуальність досліджень в даному напрямку обумовлена відсутністю інформації про вплив різних способів та режимів попереднього охолодження на кінетику основних фізичних та фізіологічних процесів, що відбуваються в плодовій сировині та супроводжуються погіршенням її якості та біологічної цінності.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Найважливішим етапом технології зберігання є попереднє охолодження плодів [5–8]. Свочасне попереднє охолодження зменшує інтенсивність дихання плодів, уповільнює темпи накопичення і витрати енергетичних речовин на процеси життєдіяльності рослинних тканин, що значно затримує процес дозрівання. При цьому повільніше формуються органолептичні показники плодів, які обумовлюють споживчу стиглість: колір, смак, аромат, довше зберігається їх щільна консистенція й краще біологічна цінність. При

швидкому зниженні температури створюються несприятливі умови для розвитку термофільних та мезофільних мікроорганізмів, а психрофільні значно знижують свою активність [9, 10].

Отже, в результаті своєчасного попереднього охолодження істотно скорочуються втрати від мікробіологічних хвороб, фізіологічних розладів та випаровування вологи. В той же час значно зростає термін зберігання плодів з високою харчовою цінністю [11].

Техніко-економічна доцільність попереднього охолодження обумовлена одночасним завантаженням всього об'єму камери охолодженою продукцією, що дає змогу створити оптимальний і стабільний температурний режим вже з перших годин зберігання. Таке завантаження камер вимагає меншої холодопродуктивності обладнання, і це, в свою чергу, позитивно позначається на економічних показниках зберігання [12].

Попереднє охолодження виконують одним із наступних способів: холодним повітрям у звичайних камерах зберігання при відносно невеликій швидкості руху повітря (до 1 м/с) та невеликій кратності повітрообміну (30–40 об'ємів за годину); холодним повітрям у спеціальних камерах інтенсивного охолодження при порівняно високих швидкостях руху повітря (до 3–4 м/с) та значній кратності повітрообміну (60–120 та більше об'ємів за годину); холодною водою (гідроохолодження); в ізотермічних вагонах або авторефрижераторах [13].

Найбільш поширеним на сьогоднішній день способом попереднього охолодження плодів вважається охолодження у звичайних камерах зберігання.

Його безсумнівна перевага полягає у відсутності перевантаження плодів із однієї камери в іншу. Але істотним недоліком цього способу є значна тривалість процесу, особливо для партій плодів великих розмірів. Це значно знижує технологічну ефективність попереднього охолодження та, інколи, ставить під сумнів доцільність його проведення. З погляду на вищезазначене, виникає технологічна необхідність у подальшому дослідженні існуючих способів попереднього охолодження плодів перед закладкою їх на зберігання.

З іншого боку, в багатьох наукових дослідженнях [14–17] констатується, що традиційні методи зберігання, засновані тільки на використанні штучного холоду, не дозволяють повністю вирішити проблему тривалого збереження якості продукції. Низькі позитивні температури далеко не повністю гальмують окисно-відновні процеси та розвиток патогенних мікроорганізмів. Тому дію низьких температур в практиці зберігання підсилюють іншими способами: застосуванням зміненого зовнішнього газового середовища – регульованого та модифікованого (РГС та МГС), озонуванням, іонізуючим випромінюванням, тощо.

Все більшого поширення в практиці зберігання набуває попередня обробка плодоовочевої продукції антиоксидантними речовинами [18, 19]. Обробку антиоксидантними композиціями можна виконувати різними способами: обприскуванням у саду або на лінії підготовки плодів до зберігання зрошуванням чи зануренням [20, 21]. В ході виконання подальших наукових досліджень виникло питання щодо можливості поєднання технологічних операцій обробки плодів антиоксидантними композиціями та попереднього охолодження. Вирішенню цього питання і присвячені дослідження.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету наукове обґрунтування доцільності поєднання попереднього охолодження плодів та обробки їх антиоксидантними композиціями перед тривалим зберіганням, а також встановлення оптимальних режимів та способів проведення даної технологічної операції.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання:

- експериментальним шляхом визначити тривалість попереднього охолодження плодів різними способами;
- дослідити та проаналізувати вплив різних способів попереднього охолодження на інтенсивність дихання, тепловиділення та втрати маси плодів;
- визначити оптимальний спосіб та режимні параметри попереднього охолодження плодів.

4. Матеріали та методи дослідження процесу попереднього охолодження плодів

Об'єктом дослідження був процес попереднього охолодження плодів яблуні, груші та сливи. Технологічний процес виконували у експериментальних камерах повільного (рис. 1) та інтенсивного охолодження, а також у ваннах, заповнених охолоджуючим розчином.



Рис. 1. Попереднє охолодження плодів яблуні у камерах повільного охолодження: а – зовнішній вигляд камери, б – охолодження яблук, в – яблука підготовлені до попереднього охолодження

В камерах повільного охолодження передбачена батарейна система з природнім рухом повітря, а в камерах інтенсивного охолодження – повітряна, за якої

теплота відводиться повітроохолоджувачами за примусової циркуляції повітря.

Методика проведення експерименту докладно описана в попередній публікації [22]. Інтенсивність дихання плодів до та після охолодження визначали за стандартною методикою [23]. Втрати маси – методом фіксованих проб (рис. 2) [23].



Рис. 2. Визначення втрат маси плодів методом фіксованих проб

При аналізі та обробці експериментальних даних використовували методи варіаційної статистики, використовуючи комп'ютерні програми «MS Office Excel 2007», пакет «Statistica 6» і персональний комп'ютер.

5. Результати дослідження процесу попереднього охолодження плодів

5.1. Експериментальне визначення тривалості процесу попереднього охолодження плодів

Охолодження плодів у звичайній камері зберігання відбувалося доволі повільними темпами (рис. 3).

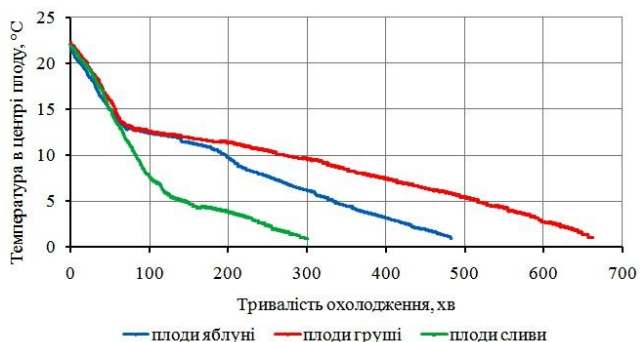


Рис. 3. Кінетика охолодження плодів в камері зберігання

Так, тривалість охолодження партії плодів яблуні з середнім діаметром 65 мм становила 8 годин, партії плодів груші з середнім діаметром 70 мм – 11 годин, а плодів сливи з середнім діаметром 38 мм – 5 годин.

Слід зазначити, що швидкість охолодження протягом першої години була майже однаковою для всіх видів плодів, про що свідчать розраховані константи швидкості (табл. 1).

Після першої години процес охолодження відбувався більш повільними темпами. Найвищою швидкість зниження температури була у плодів сливи, а мінімальною у плодів груші. Розрахований коефіціє-

єнт кореляції між найбільшим поперечним діаметром плодів та константою швидкості процесу охолодження ($r = -0,99 \pm 0,01$) підтверджує існування тісної зворотної залежності.

Таблиця 1

Константи швидкості процесу охолодження плодів у камерах зберігання

Час охолодження, хв.	Константи швидкості, k , $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$		
	плоди яблуні	плоди груші	плоди сливи
0...60	-0,036	-0,035	-0,036
від 61 до повного охолодження	-0,006	-0,004	-0,011

Іншою була кінетика охолодження плодів у камерах інтенсивного охолодження (рис. 4). Так, загальний термін охолодження плодів яблуні та груші до температури 0°C становив близько 2 годин, а сливи – трохи більше 1 години. Значно нижчою була і константа швидкості процесу охолодження в даних умовах. Так, для плодів яблуні та груші вона була однаковою та дорівнювала $k = -0,025^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$, а для плодів сливи вона була в 1,6 рази більшою та становила $k = -0,041^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$.

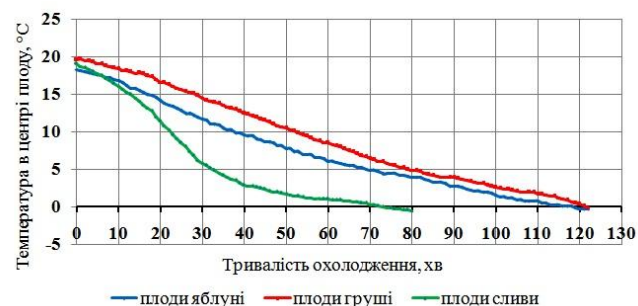


Рис. 4. Кінетика охолодження плодів у камерах інтенсивного охолодження

Одночасно з цим, константа швидкості процесу попереднього охолодження в камерах інтенсивного охолодження була вищою, ніж у звичайних камерах зберігання для плодів груші у 6,3 рази, яблуні у 4,2 рази та сливи – у 3,7 рази.

При дослідженні режимів попереднього охолодження плодів методом гідроохолодження у якості охолоджуючого середовища були використані розчини АОК. Для встановлення оптимальних температур робочих розчинів АОК під час охолодження плодів були визначені їх криоскопічні температури. Так, процес льодоутворення композиції АКМ відбувається в діапазоні температур від $0,7$ до мінус $0,9^{\circ}\text{C}$, композиції ДЛ – від $0,6$ до $0,1^{\circ}\text{C}$ і композиції АКРЛ – при $0,3^{\circ}\text{C}$. Тривалість кристалізації всіх робочих розчинів антиоксидантних композицій становить 2 години. Отже, для попереднього охолодження плодів можна рекомендувати температуру робочих розчинів $1,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Термограми охолодження плодів у робочих розчинах антиоксидантних композицій (рис. 5–7) констатують схожу кінетику.

Загальна тривалість охолодження плодів яблуні та груші до температури 1°C становить близько 3,5 годин, плодів сливи – 1,5 години.

Константи швидкості процесу гідроохолодження плодів яблуні та груші у різних антиоксидантних композиціях істотно не відрізнялися між собою та варіювали в межах $-0,014 \dots -0,016 \text{ хв}^{-1}$ (табл. 2), плодів сливи була у 2,3 рази вищою та дорівнювала $0,035 \text{ хв}^{-1}$.

Аналіз отриманих даних свідчить, що константа швидкості процесу гідроохолодження плодів яблуні була вищою за константу швидкості охолодження в камерах зберігання в 2,5 рази та нижче константи швидкості інтенсивного повітряного охолодження в 1,7 рази. Для плодів інших культур характерна аналогічна динаміка з числовими значеннями для груші 3,75 та 1,7 рази і для сливи 3,2 та 1,2 рази відповідно.

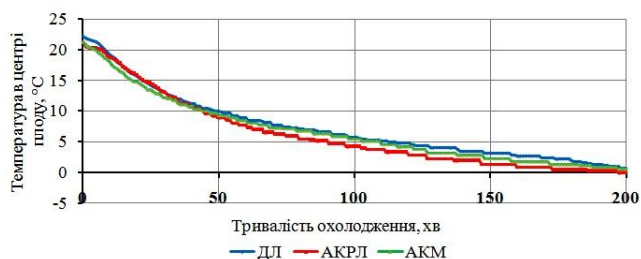


Рис. 5. Кінетика охолодження плодів яблуні у розчинах антиоксидантних композицій

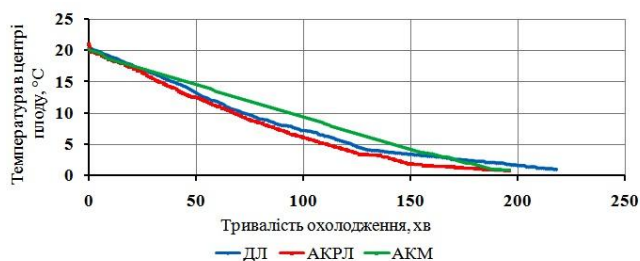


Рис. 6. Кінетика охолодження плодів груші у розчинах антиоксидантних композицій

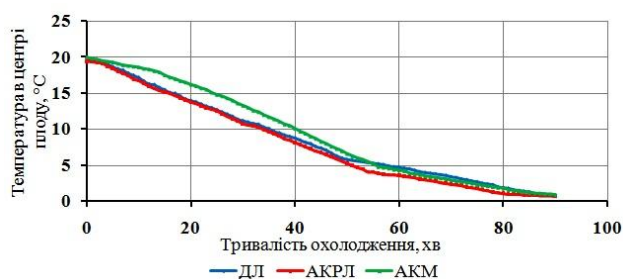


Рис. 7. Кінетика охолодження плодів сливи у розчинах антиоксидантних композицій

Таблиця 2

Константи швидкості процесу охолодження плодів у розчинах антиоксидантних композицій

АОК	Константи швидкості, k , хв^{-1}		
	плоди яблуні	плоди груші	плоди сливи
ДЛ	$-0,015$	$-0,014$	$-0,034$
АКРЛ	$-0,016$	$-0,016$	$-0,036$
АКМ	$-0,015$	$-0,015$	$-0,034$

Отже, найбільш інтенсивним способом попереднього охолодження є охолодження повітрям при температурі $-2 \dots -4^\circ\text{C}$ та швидкості руху повітря 3 м/с .

5. 2. Дослідження впливу способів попереднього охолодження плодів на інтенсивність дихання та тепловиділення

Різниця швидкостей охолодження плодів безпосередньо пов'язана з інтенсивністю дихання. Так, загальновідомо, що при диханні виділяється не тільки CO_2 та H_2O , а і велика кількість енергії. Це є додатковим тепловим навантаженням, яке істотно гальмує процес зниження температури. При охолодженні зменшується інтенсивність дихання, і, відповідно, знижується тепловиділення від сировини.

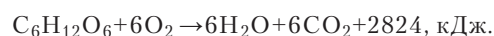
Інтенсивність дихання плодів до та після попереднього охолодження, а також інтенсивність тепловиділення при диханні, наведені в табл. 3.

При цьому інтенсивність тепловиділення плодів була розрахована за наступною формулою:

$$Q = q_{\text{шт}} I, \quad (1)$$

де $q_{\text{шт}}$ – питома теплота дихання, $10,69 \text{ кДж на } 1 \text{ г } \text{CO}_2$; I – інтенсивність дихання плодів, $\text{мг } \text{CO}_2/\text{кг за год}$.

Питома теплота дихання була визначена наступним чином: процес аеробного дихання спрощено може бути описаний рівнянням:



Оскільки молекулярна маса CO_2 дорівнює 44, то за рівнянням процесу дихання виділяється $44 \cdot 6 = 264 \text{ г } \text{CO}_2$. Отже, на $264 \text{ г } \text{CO}_2$ виділиться 2824 кДж тепла, а при виділенні $1 \text{ г } \text{CO}_2$ виділиться $10,69 \text{ кДж}$ тепла.

Отримані данні констатують залежність інтенсивності дихання плодів під час збирання від їх видових та сортових особливостей з істотною мінливістю за роками досліджень. Найбільшою інтенсивністю дихання характеризувалися плоди сливи, дещо меншою – плоди груші і мінімальною – плоди яблуні. Середній коефіцієнт мінливості даного показника дорівнював 24% , з варіюванням в залежності від виду та сорту плодів у межах 13% (плоди сливи сорту Угорка італійська) до 39% (плоди груші сорту Кюре).

Відповідно до цього, і інтенсивність тепловиділення плодів сливи під час збору була максимальною та становила майже $300 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$, плодів груші – $270 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$, плодів яблуні – $210 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$.

Кореляційним аналізом встановлено, що основним погодним чинником, який має найбільш істотний вплив на інтенсивність дихання плодів є сума активних температур останнього місяця їх формування. Визначені коефіцієнти кореляції r дорівнювали: для яблук – $0,88 \pm 0,03$, груш – $0,92 \pm 0,02$ та слив – $0,95 \pm 0,04$.

Поряд з цим, і константа швидкості зниження інтенсивності дихання плодів сливи була у 2,3 та 2,8 рази вищою, ніж у плодів яблуні та груші відповідно (табл. 4). А це означає, що при охолодженні плодів сливи значно швидше скорочується додаткове теплове навантаження від їх дихання.

Стосовно способів холодильної обробки визначено, що максимальною константа швидкості була при інтенсивному охолодженні для всіх видів плодів, з перевищенням над константою швидкості повільного охолодження у 6,6 разів для плодів груші, 5,3 рази – для плодів яблуні і 4,3 рази – для плодів сливи. При гідроохолодженні у розчинах АОК швидкість знижен-

ня інтенсивності дихання була нижчою, порівняно з інтенсивним відповідно в 1,6, 1,5 та 1,2 рази.

Отже, попереднє охолодження інтенсивним способом сприяє максимально швидкому зниженню інтенсивності дихання та тепловиділення плодів.

Таблиця 3

Інтенсивність дихання та тепловиділення плодів при охолодженні

Вид плодів	Спосіб охолодження	Інтенсивність дихання, мг CO ₂ /кг·год		Інтенсивність тепловиділення, кДж/кг·°С	
		1*	2**	1	2
Плоди яблуні (середнє 2005–2006 рр.)	повільний	19,622±0,893	11,314±0,580	209,763	120,949
	інтенсивний		4,792±0,406		51,227
	ДЛ		5,815±0,438		62,157
	АКРЛ		5,805±0,327		62,059
	АКМ		5,712±0,445		61,059
	комбінований		4,881±0,456		52,178
Плоди груші (середнє 2002–2003 рр.)	повільний	25,227±1,249	14,484±0,852	269,679	154,837
	інтенсивний		7,529±0,535		80,490
	ДЛ		8,602±0,195		91,957
	АКРЛ		8,102±0,272		86,607
	АКМ		8,442±0,316		90,247
	комбінований		7,415±0,484		79,261
Плоди сливи (середнє 2010–2011 рр.)	повільний	27,785±0,706	7,219±0,424	297,023	77,180
	інтенсивний		4,385±0,522		46,879
	ДЛ		4,582±0,176		48,977
	АКРЛ		4,782±0,128		51,114
	АКМ		5,057±0,249		54,057
	комбінований		4,389±0,376		46,917

Примітка: 1* – до охолодження, 2** – після охолодження

Таблиця 4

Константи швидкості зниження інтенсивності дихання плодів при охолодженні

Вид плодів	Константи швидкості при способах попереднього охолодження, к хв ⁻¹				
	повільне	інтенсивне	ДЛ	АКРЛ	АКМ
Плоди яблуні	–0,0043	–0,0229	–0,0131	–0,0134	–0,0132
Плоди груші	–0,0036	–0,0238	–0,0129	–0,0154	–0,0150
Плоди сливи	–0,0101	–0,0438	–0,0361	–0,0387	–0,0355

5. 3. Дослідження впливу способів попередньої обробки на втрати маси плодової сировини

Вагомим технологічним показником, який характеризує зміни якості плодів після холодильної обробки, є втрати маси (рис. 8).

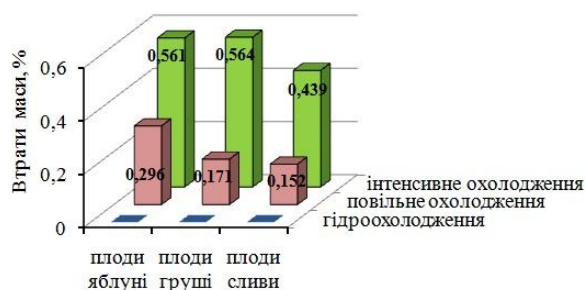


Рис. 8. Втрати маси плодів за різних способів попереднього охолодження

Графічне зображення констатує, що втрати маси плодів під час інтенсивного охолодження були максимальними та варіювали в межах від 0,56 % у плодів груші до 0,44 % у плодів сливи. Під час повільного охолодження у звичайних холодильних камерах втрати маси плодів були меншими для яблук майже в 2 рази, а плодів груші та сливи – приблизно у 3 рази.

Таким чином, висока швидкість руху повітря інтенсифікує процес охолодження плодів. Результатом є більш швидке та ефективне гальмування процесу дихання. Але при цьому збільшуються природні втрати маси плодів.

6. Обговорення результатів дослідження способів та режимних параметрів попереднього охолодження плодів

При охолодженні плодів у розчинах АОК втрати маси плодів були взагалі відсутні, а швидкість та ступінь гальмування процесів дихання трохи поступалися інтенсивному способу.

З погляду на це, був досліджений комбінований спосіб, який передбачав попереднє охолодження плодів спочатку у робочих розчинах АОК, а потім доохолодженням у камерах інтенсивного охолодження. Під час доохолодження одночасно відбувається і процес сушіння. При цьому з поверхні плодів замість природної вологи видалається надлишкова, яка залишається після попередньої стадії технологічної обробки.

Тривалість 1 та 2 етапів комбінованого попереднього охолодження плодів була визначена виходячи зі швидкості процесів інтенсивного та гідро охолодження. Швидкість процесів зниження температури визначалась за формулою (2):

$$\vartheta = \tan \alpha = \frac{\Delta t}{\Delta \tau}, \quad (2)$$

де ϑ – швидкість процесу охолодження, °С/хв, $\tan \alpha$ – тангенс кута нахилу прямої, або перша похідна рівняння $t = at + b$, Δt – різниця між початковою та кінцевою температурами, °С, $\Delta \tau$ – різниця часу, хв.

Швидкість інтенсивного охолодження яблук становила 0,15 °С/хв, плодів груші – 0,16 °С/хв, сливи – 0,26 °С/хв. Швидкість гідроохолодження дорівнювала відповідно 0,099, 0,106 та 0,220 °С/хв.

Виходячи з цього, було встановлені наступні режими етапів комбінованого охолодження:

Для плодів яблуні: 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 1 години до температури у центрі плоду 8,5 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1 °С;

Для плодів груші: 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 1,5 години до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 50 хвилин до температури у центрі плоду 1 °С;

Для плодів сливи: 1 етап – гідроохолодження у розчинах АОК протягом 40 хвилин до температури у центрі плоду 9 °С, 2 етап – доохолодження у камері інтенсивного охолодження протягом 30 хвилин до температури у центрі плоду 1 °С.

Втрати маси плодів при комбінованому способі охолодження варіювали в межах від 0,005 % для плодів сливи до 0,014 % – для плодів яблуни та груші. Константа швидкості зниження інтенсивності дихання становила для плодів яблуни 0,0245 хв⁻¹, для плодів груші – 0,0215 хв⁻¹ і для плодів сливи – 0,045 хв⁻¹, тобто майже не відрізнялася від константи при інтенсивному охолодженні.

Таким чином, комбінований спосіб попереднього охолодження є найбільш прийнятним як за режимними параметрами, так і за технологічними показниками якості плодів.

7. Висновки

1. Найбільш інтенсивним способом попереднього охолодження є охолодження повітрям при температурі -2...-4 °С та швидкості руху повітря 3 м/с. За таких

умов загальний термін охолодження до температури 0 °С плодів яблуни та груші становить близько 2 годин, а сливи трохи більше 1 години.

2. Встановлено, що константа швидкості зниження інтенсивності дихання та тепловиділення плодів при інтенсивному охолодженні перевищувала константу швидкості аналізованих показників при повільному охолодженні у 4,3...6,6 рази, а при гідроохолодженні у 1,2...1,6 залежно від виду плодів. Поряд з цим, висока швидкість руху повітря збільшувала природні втрати маси плодів під час охолодження. Кількісне значення цього показника при інтенсивному способі було максимальним та варіювало в межах від 0,56 % у плодів груші до 0,44 % у плодів сливи.

3. Комбінований спосіб, який передбачає спочатку попереднє охолодження у робочих розчинах антиоксидантних композицій та подальше доохолодження інтенсивним способом, характеризувався високою константою швидкості зниження інтенсивності дихання та тепловиділення плодів і низьким рівнем природних втрат маси. При цьому, кількісне значення втрат маси варіювало в межах від 0,005 % для плодів сливи до 0,014 % – для плодів яблуни та груші.

Література

- DeLong, J. M. Erratum to "The influence of pre-storage delayed cooling on quality and disorder incidence in 'Honeycrisp' apple fruit" [Text] / J. M. DeLong, R. K. Prange, P. A. Harrison // *Postharvest Biology and Technology*. – 2004. – Vol. 34, Issue 3. – P. 351. doi: 10.1016/j.postharvbio.2004.10.002
- Sun, J. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits [Text] / J. Sun, Y.-F. Chu, X. Wu, R. H. Liu // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – Vol. 50, Issue 25. – P. 7449–7454. doi: 10.1021/jf0207530
- Хайрутдинов, З. Н. Совершенствование технологии хранения плодов ягодных культур путем интенсификации процесса охлаждения [Текст] / З. Н. Хайрутдинов // *ВЕСТНИК МичГАУ*. – 2011. – № 1, Ч. 1. – С. 206–209.
- Choi J.-H. Fruit quality and core break down of "Wonhwang" pears in relation to harvest date and pre-storage cooling [Text] / J.-H. Choi, S.-H. Yim, K.-S. Cho, M.-S. Kim, Y.-S. Park, S.-K. Jung, H.-S. Choi // *Scientia Horticulturae*. – 2015. – Vol. 188. – P. 1–5. doi: 10.1016/j.scienta.2015.03.011
- Wang, Y. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit [Text] / Y. Wang, X. Xie, L. E. Long // *Food chemistry*. – 2014. – Vol. 160. – P. 22–30. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.073
- Pathare, P. B. Design of Packaging Vents for Cooling Fresh Horticultural Produce [Text] / P. B. Pathare, U. L. Opara, C. Vigneault, M. A. Delele, F. Al.-J. Al-Said // *Food and Bioprocess Technology*. – 2012. – Vol. 5, Issue 6. – P. 2031–2045. doi: 10.1007/s11947-012-0883-9
- Моисеева, Н. А. Рекомендательные режимы продолжительности холодильного хранения некоторых плодов и овощей [Текст] / Н. А. Моисеева, И. Л. Волкинд // *Овощеводство и тепличное хозяйство*. – 2007. – № 3. – С. 50.
- Vigneault, C. Design of plastic container opening to optimize forced – air precooling of fruits and vegetables [Text] / C. Vigneault, B. Goyette // *Applied Engineering in Agriculture*. – 2002. – Vol. 18, Issue 1. – P. 73–76. doi: 10.13031/2013.7697
- Колодязная, В. С. Продовольственная безопасность и холодильная технология [Текст] / В. С. Колодязная, Е. И. Кипрушкина, Д. А. Бараненко, О. Н. Румянцев, И. А. Шестопалова // *Вестник Международной академии холода*. – 2013. – № 1. – С. 24–28.
- Liu, B., Study on Forced Air Pre-cooling Mode of Fruit and Vegetable [J] / B. Liu, Y. Guo, W. Guan // *Storage and Process*. – 2003. – Vol. 6. – P. 7.
- Wijewardane, R. M. N. A., Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple [Text] / R. M. N. A. Wijewardane, S. P. S. Guleria // *Journal of food science and technology*. – 2013. – Vol. 50, Issue 2. – P. 325–331. doi: 10.1007/s13197-011-0322-3
- lal Basediya, A., Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables-a review [Text] / A. lal Basediya, D. V. K. Samuel, V. Beera // *Journal of food science and technology*. – 2013. – Vol. 50, Issue 3. – P. 429–442. doi: 10.1007/s13197-011-0311-6
- Dehghannya, J. Mathematical modeling procedures for airflow, heat and mass transfer during forced convection cooling of produce: a review [Text] / J. Dehghannya, M. Ngadi, C. Vigneault // *Food Engineering Reviews*. – 2010. – Vol. 2, Issue 4. – P. 227–243. doi: 10.1007/s12393-010-9027-z

14. Soliva-Fortuny R. C. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review [Text] / R. C., Soliva-Fortuny, O. Martín-Belloso // Trends in Food Science & Technology. – 2003. – Vol. 9, Issue 14. – P. 341–353. doi: 10.1016/s0924-2244(03)00054-2
15. Oliveira, M. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables—A review [Text] / M. Oliveira, M. Abadias, J. Usall, R. Torres, N. Teixid , I. Vi as // Trends in Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 1, Issue 46. – P. 13–26. doi: 10.1016/j.tifs.2015.07.017
16. Janisiewicz, W. J. Biological control of postharvest diseases of fruits [Text] / W. J. Janisiewicz , L. Korsten // Annual review of phytopathology. – 2002. – Vol. 40, Issue 1. – P. 411–441. doi: 10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158
17. Argenta, L. C. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit [Text] / L. C. Argenta, X. Fan, J. P. Mattheis // Journal of agricultural and food chemistry. – 2003. – Vol. 51, Issue 13. – P. 3858–3864. doi: 10.1021/jf034028g
18. Прісс, О. П. Вплив теплової обробки антиоксидантами на вміст біологічно активних речовин впродовж зберігання кабачків [Текст] / О. П. Прісс // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – Т. 1, № 1 (27). – С. 72–76. doi: 10.15587/2312-8372.2016.60339
19. Cisneros Zevallos, L. The Use of Controlled Postharvest Abiotic Stresses as a Tool for Enhancing the Nutraceutical Content and Adding Value of Fresh Fruits and Vegetables [Text] / L. Cisneros Zevallos // Journal of Food Science. – 2003. – Vol. 68, Issue 5. – P. 1560–1565. doi: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb12291.x
20. Сердюк, М. Є. Вплив екзогенної обробки антиоксидантами на динаміку фенольних речовин при зберіганні яблук [Текст] / М. Є. Сердюк, В. В. Калитка, С. С. Байбєрова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 5, № 11 (71). – С. 17–22. doi: 10.15587/1729-4061.2014.27584
21. Сердюк, М. Є. Зміна вмісту аскорбінової кислоти в плодах груші при тривалому зберіганні з використанням антиоксидантів [Текст] / М. Є. Сердюк, Н. А. Гапріндашвілі // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Т. 7, №. 13. – С. 89–94.
22. Serdyuk, M. The study of methods of preliminary cooling of fruits [Text] / M. Serdyuk, D. Stepanenko, S. Baiberova, N. Gaprindashvili, A. Kulik // Eureka: Life Sciences. – 2016. – Vol. 3 (3). – P. 57–62. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00148
23. Найченко, В. М. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів [Текст] / В. М. Найченко, І. Л. Заморська. – Умань: «Сочінський», 2010. – 328 с.